

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	1월 10일	1월 12일	1월 15일	1월 15일
재	김원호	Adam Clayton	권인혁	이우진

1. 출장개요

출장목적	AGU 2023 참석		
출장일정	2023. 12. 10.~2023. 12. 17. (6박 8일)		
성명	소속	직급(직위)	
권용환	결과진단팀	책임급연구원	
류지훈	자료전처리팀	선임급연구원	
홍석민	결과진단팀	원급연구원	
김원호	동화기법팀	원급연구원	
방문기관 (또는 회의장소)	미국 샌프란시스코 모스콘 센터		
출발지	인천	도착지	샌 프란시스코

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- 2023년 12월 11일부터 15일까지 5일간 미국 샌프란시스코에서 개최되는 2023년 AGU annual meeting은 지면관측, 지면 및 기상 자료동화, 기상 예측 등과 관련된 전 세계 다양한 분야의 많은 전문가들이 참석하는 학회로서 연구성과의 공유 및 토의 뿐만아니, 해당분야 전문가들과 공동 연구를 추진할 수 있는 중요한 장으로서 기능한다. 세계 관련 전문가들의 조언을 통해 사업단 지면 및 대기 자료동화 체계의 성능을 더욱 개선하고, 새롭게 연구되고 있는 최신 자료동화 기술과 자료에 대한 정보를 습득함으로써, 사업단의 연구개발에 중요하게 활용하고자 한다.

나. 주요 업무 수행 사항

- ※ 학술회의에서의 연구개발성과 발표 내용, 최신 연구개발 기술동향 습득 내용, 외부 전문가와의 토의 내용 등 기술, 기관 방문 시 회의내용에 대한 기술
- 권용환
 - 학회 중 12월 12일(화)에 ‘Assimilation of SMAP soil moisture retrievals to improve lower boundary conditions for the Korean Integrated Model (KIM) weather forecast system’을 주제로 사업단의 토양수분 자료동화 체계와 그 성과를 발표. Clara Draper, Zong-Liang Yang,

Guo-Yue Niu, Xitian Cai, Matthew Rodell, Venkat Lakshmi, Fangni Lei 등 지면 모델링, 지면 자료생성 및 동화와 관련된 여러 전문가들과 교류를 통해 최신 연구동향에 대한 정보를 입수

○ 류지훈

- Assimilation of clear-sky radiance observations from the GPM Microwave Imager into the Korea Integrated Model (KIM)이라는 제목의 포스터 발표. KIM에서 최근 개발한 GMI 청천복사 자료동화에 대해 개발 과정 및 적용효과에 대한 내용으로 발표를 수행하였으며, 기타 유수기관에서의 전천복사 자료동화 결과에 대한 연구동향 및 정보 습득

○ 홍석민

- 기존에 찾아보지 못했던 NOAA 앙상블 시스템 구성 및 활용 현황과 개선 방향에 대한 정보 입수. KIM 앙상블 성능 개선을 위해 물리 모수 섭동인 The stochastically perturbed parameterization tendencies scheme (SPPT) 또는 The stochastically perturbed parameterizations scheme (SPP)의 성능 개선을 지향하는 것과 달리 NOAA의 경우 multi-physics 앙상블을 이용하는 방향이라 KIM의 방향성과 다름을 확인. 또한 앙상블을 이용한 다양한 연구사례들에 대한 연구 내용 습득

○ 김원호

- 학회 셋째 날인 12월 13일(수)에 ‘Development of 3-hourly global NWP cycle’의 제목으로 포스터 발표. 또한, 학회 중 자료동화 초기화 기법에 대해 전문가들과 토의하고, 앙상블 기법 및 위성 관측 관련 분야의 구두 발표 및 포스터 발표를 통해 최신 연구 동향 파악 및 다양한 정보의 지식 습득

3. 출장성과·시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과·시사점

○ 권용환

- 지면 토양수분 자료의 한계점을 극복하기 위한 여러 연구들에 대한 동향을 파악하였으며, 이들 연구 성과의 KIM체계에서의 활용가능성을 확인하였다. 특히, 토양수분 자료에 대한 지표면 거칠기, 식생의 영향을 고려하여 불확실성을 줄이고자 시도하는 연구들은 전지구 규모 자료동화 체계에서 토양수분 자료의 이용가능성을 증대시킴으로써 토양수분 및 기상 예측 시스템의 성능을 개선하는 데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 이번 출장에서의 가장 큰 성과는 Dr. Fangni Lei의 연구결과를 활용할 수 있는 발판을 마련한 것이다. 2023년 SMAP 토양수분 자료동화의 연구를 통해서, 지면모델의 토양수분/증발산 결합 강도가 토양수분 자료동화에 의한 기상예측력 개선에 중요한 영향을 주는 것을 확인하였다. 현재 시스템에서 성능저하가 나타나는

지역에서 토양수분/증발산 결합 강도가 강하게 표현되는 것을 확인하였으며, Dr. Fangni Lei의 실제 결합강도에 대한 분석결과를 이용하여 지면모델을 개선하고 자료동화의 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 류지훈

- KIM에 전천복사 자료동화를 활발히 개발하고 있는 시점에서, 그 시발점이 되는 청천복사 자료동화의 개발과정을 발표함으로써 전문가들과의 의견을 교환할 수 있는 소중한 기회를 가졌다. 또한 ECMWF를 포함한 선진 기관에서는 이미 GMI 관측자료에 대해 전천(All-sky)복사 자료동화를 수행하고 있기 때문에, 관련 연구의 방법론 및 적용 효과에 대해 청취하고 이를 KIM에 적용할 방안을 강구하였다. NCEP에서 수행한 GMI 전천복사 자료동화 (The all-sky radiance assimilation of GMI GPM in the NCEP global forecast system)에 대한 발표에서는 전천복사 자료동화 효과가 긍정적인 것으로 나타났으며, 특히 이를 검증하기 위한 score card에서는 사업단에서 활용하는 socre card와는 다르게 자기분석장을 기준으로 평가하였으며, 개선된 수치 의 절대량보다는 개선된 고도 및 해당 변수가 얼마나 유의성을 가지는지에 더 초점을 두어 평가하였다. 이에 본 사업단에서도 KIM에서의 자료동화 효과 평가를 할 때 유의성을 고려해야할 것으로 사료된다. 마지막으로, GPM의 후속 위성사업인 AOS (Atmosphere Observation System)이 발표되었다. 이 발표에서 설명한 위성은 2029년에 발사 될 예정이며, GPM의 레이더 및 마이크로파 영상기의 향후 발사계획 및 성능, 예상운용효과에 대해 설명하였다. 이러한 자료들은 추후 KIM에서 활용가능할 것으로 생각된다.

○ 홍석민

- 사업단의 앙상블 성능 개선의 방향성을 고민하고 있었던 중, 벤치마킹은 NOAA쪽이 아닌 물리 섭동을 개선하는 ECMWF와 CMC쪽으로 더 접근이 필요하다고 고찰할 수 있는 기회였다. 다양한 물리과정을 이용하여 앙상블 민감도 실험 테스트를 진행한 연구들을 보고 앙상블 물리 모수 섭동 실험 또한 다양한 조합으로 세팅 및 민감도 실험을 진행하여 결과를 도출하는 방향성을 잡을 계획이다.

○ 김원호

- 지역 모델을 이용한 대류 규모 자료동화를 도입하는 사업단의 계획에 알맞은 토론을 할 수 있었다. 대류 규모 모수 추정을 위한 비선형 앙상블 자료동화를 위해 MCMC (Markov chain Monte Carlo)와 Ensemble Filters를 많이 사용하는데 MCMC는 복잡한 사후 분포의 평행되지 않은 샘플을 제공하지만 속도가 느린 단점이 있다고 하였다. 이를 보완하기 위해 반전 가능한 신경망 방법에서 영감을 얻은 ECTF (Ensemble Conjugate Transform Filter) 기법과 KR(Knothe-Rosenblatt) maps을 이용하는 TGA-EnKF (Transport-based Gaussian

Anamorphosis EnKF) 기법 두 가지를 설명 들었다. 이는 AI 및 ML을 이용한 비선형적인 매개 변수 추정 문제에 적합하고 유연한 방법이라고 설명하였다. 또한, RIKEN의 위성을 이용한 구름 자료동화의 발전과 응용, 강수량, 해양의 자료동화, 나사의 차기 관측 위성, google의 AI 예측 모델과 수치예보 모델의 결합을 이용한 hybrid AI 기상 예보 모델 등에 대한 발표를 들었다.

나. 향후 업무 활용 계획

○ 권용환

- 토양수분 자료동화에서 식생밀집 지역에 대한 자료는 불확성이 큰 것으로 간주하여 이용하지 않는 것이 일반적이지만, 이는 전지구 규모의 넓은 지역에서 자료동화가 이루어지지 않는 문제가 있다. 식생 및 지표면 거칠기에 의한 토양수분 자료의 불확실성을 줄이기 위한 여러 연구들의 성과를 활용하여, 현재 KIM 지면자료동화 체계의 성능을 개선할 계획이다. 특히, Noah-MP의 질소 및 적설 모의능력을 개선한 연구들은 사업단에서 결합모델로 구축 중인 Noah-MP 모델에도 반영하여 그 성능을 확인할 필요가 있을 것이다. 또한, Dr. Fangni Lei와의 공동연구를 통해서 KIM 지면결합모델의 토양수분/증발산 결합 강도를 개선하여, 지면자료동화에 의한 기상 예측력 개선 효과를 높일 계획이다.

○ 류지훈

- 마이크로파 영상이 관측자료를 전천복사 자료동화로써 활용하는 것이 세계 우수 연구기관의 대세적 흐름인 것에 반해, KIM에서는 아직 청천복사 자료동화 개발 및 일부 센서에 대한 전천복사 자료동화를 개발하고 있는 수준에 머무르고 있다. 이러한 개발 격차를 좁히기 위해 이번 AGU에서 습득한 NCEP에서의 GMI 전천복사 자료동화의 방법론 및 검증방법을 적극 활용할 수 있을 것이다.

○ 홍석민

- 다양한 구두발표와 포스터 발표에서 습득한 연구 결과들은 향후 KIAPS 자료동화 시스템의 개발에 활용할 수 있다. AGU에서 소개된 다양한 앙상블 자료동화 기법 및 앙상블 자료동화시스템의 문제점 등에 대한 논의는 향후 KIAPS 앙상블 시스템 개발 업무에 유용한 정보가 될 수 있을 것이다.

○ 김원호

- 세계적으로 거대한 지구과학 학회인 만큼 다양한 주제의 구두 및 포스터 발표를 들으며 많은 내용의 연구를 습득할 수 있었다. 앙상블 관련 기법, 머신 러닝을 활용한 자료동화 기법, 다양한 관측을 다루는 기법, 차세대 위성의 계획 및 자료동화를 위한 위성 자료 다루는 방법, 고해상도 모델의 컴퓨팅 방법 등의 최신 기법들을 검토하여 KIAPS 자료동화 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.